

ANGULAR SPEED SENSOR

Publication number: JP7128069

Publication date: 1995-05-19

Inventor: OZAKI IWAO

Applicant: TOYOTA MOTOR CORP

Classification:

- international: **G01P9/04; G01C19/56; G01P9/04; G01C19/56;** (IPC1-7): G01C19/56; G01P9/04

- european:

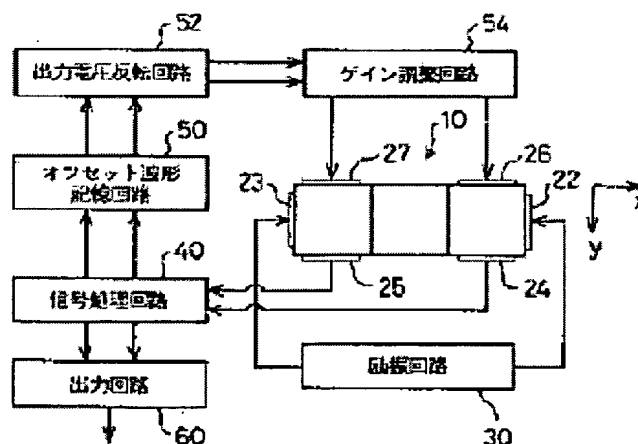
Application number: JP19940238501 19940905

Priority number(s): JP19940238501 19940905; JP19930250077 19930910

[Report a data error here](#)

Abstract of JP7128069

PURPOSE: To provide an angular speed sensor which is not susceptible to an offset signal. **CONSTITUTION:** An exciting circuit 30 applies an AC voltage to a tuning fork type sensor element 10 thus causing steady oscillation in the x-axis direction. A signal processing circuit 40 averages a plurality of electric signals corresponding to the period of AC voltage taken out from electric signals reflecting the oscillation state in y-axis direction of the sensor element 10 caused by the piezoelectric effect of piezoelectric elements 24, 25 for detection when the rotational angular speed does not function and delivers the averaged electric signal, as an offset signal, to an offset waveform memory circuit 50. The offset signal is delivered at a predetermined timing from the circuit 50 and the voltage thereof is inverted by an output voltage inverting circuit 52 and then a predetermined voltage level is set at a gain regulating circuit 54 before it is applied to piezoelectric elements 26, 27 for regulating the oscillation. Consequently, oscillation of the sensor element 10 is offset in the y-axis direction. When the sensor element 10 is subjected to a rotational angular speed, only an oscillation caused by the rotational angular speed takes places in the y-axis direction.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-128069

(43) 公開日 平成7年(1995)5月19日

(51) Int.Cl.⁹

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

識別記号

庁内整理番号

9402-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-238501

(22) 出願日 平成6年(1994)9月5日

(31) 優先権主張番号 特願平5-250077

(32) 優先日 平5(1993)9月10日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 尾崎 巖

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

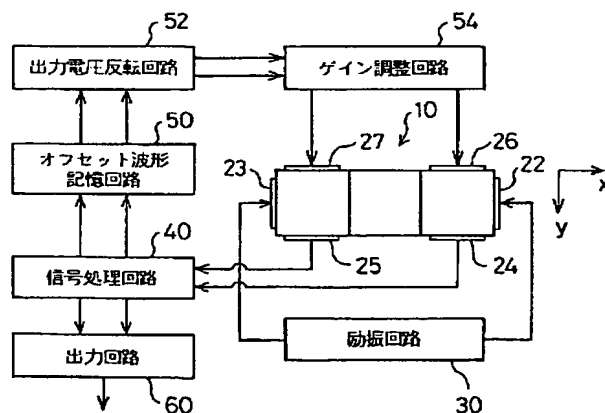
(74) 代理人 弁理士 下出 隆史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 角速度センサ

(57) 【要約】

【目的】 角速度センサにおいて、オフセット信号の影響を除く。

【構成】 励振回路30は、音叉型のセンサ素子10に交流電圧を印加してx軸方向に定常振動を与える。信号処理回路40は、回転角速度が作用していないときに、検出用圧電素子24、25の圧電効果により生じたセンサ素子10のy軸方向の振動状態を反映した電気信号から、交流電圧の周期に対応した電気信号を複数取り出して平均し、オフセット信号としてオフセット波形記憶回路50に出力する。オフセット信号は、オフセット波形記憶回路50から所定のタイミングで出力され、出力電圧反転回路52で電圧が反転され、ゲイン調整回路54で所定の電圧レベルとなり、振動調整用圧電素子26、27に印加される。この結果、センサ素子10のy軸方向の振動は打ち消される。センサ素子10に回転角速度が作用すると、y軸方向へは回転角速度に起因した振動のみが生じる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 振動子に作用するコリオリ力に基づいて回転角速度を求める角速度センサであって、前記振動子に所定方向の定常振動を生じさせる励振手段と、該定常振動と交差する方向に生じる前記振動子の振動状態を検出する検出手段と、前記振動子が前記定常振動の状態にあるとき、前記検出手段により検出された振動状態のうち回転角速度によらない振動状態を記憶する記憶手段と、該記憶された振動状態に基づいて、該振動状態を打ち消す振動を該振動子に与える振動調整手段とを備えた角速度センサ。

【請求項 2】 振動子に作用するコリオリ力に基づいて回転角速度を求める角速度センサであって、前記振動子に所定方向の定常振動を生じさせる励振手段と、該定常振動と交差する方向に生じる前記振動子の振動状態を検出する検出手段と、前記振動子が前記定常振動の状態にあるとき、前記検出手段により検出された振動状態のうち回転角速度によらない振動状態を記憶する記憶手段と、前記検出手段により検出された振動状態から前記記憶手段により記憶された振動状態を減じる振動減算手段とを備えた角速度センサ。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、角速度センサに関し、詳しくは振動子に作用するコリオリ力に基づいて回転角速度を求める角速度センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来からコリオリ力を利用して回転角速度を検出する角速度センサが各種提案されている。これらの角速度センサは、次のように動作する。まず、振動子に定常振動を与える。振動子が定常振動している状態で、振動子に軸の周りの回転角速度が作用すると、振動子に定常振動の方向と垂直な方向の力であって、式 $F = 2mV \cdot \omega$ で表わされるコリオリ力が作用する。ここで、 m は振動部分の質量、 V は振動部分の速度、 ω は回転角速度である。

【0003】 振動子は、このコリオリ力が作用することにより、コリオリ力が作用する方向にも振動して全体として楕円運動をする。このコリオリ力が作用する方向の振動子の振動成分は、回転角速度の大きさを反映するので、この振動状態を検出して回転角速度を出力する。

【0004】 以上の角速度センサの動作から、回転角速度の検出精度を向上させるために、回転角速度が振動子に作用していないときにはコリオリ力が作用する方向に振動成分（オフセット信号）が生じないことが必要となるが、このオフセット信号を完全に除くのは困難であ

る。このオフセットは、励振手段による定常振動の方向に対して検出手段が正確に垂直をなす方向に設置されていない場合や振動子の形状に種々の製造誤差がある場合などに生じる。

【0005】 このオフセット信号に対しては、特開昭 60-49216 に開示されているように、オフセット信号とコリオリ力による振動とに相関性がないとの考えに基づいた角速度センサが提案されている。この角速度センサでは、コリオリ力による振動を検出する圧電素子を振動子の両面に取り付け、一方の圧電素子の圧電効果により得られる電気信号に対して他方の圧電素子から得られる電気信号を位相反転して合成（加算）することにより、 S/N 比を向上させてオフセット信号による影響を減じる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、一方の圧電素子による電気信号に他方の電気信号を位相反転して合成する角速度センサでは、検出される電気信号の出力レベルが高くなると同時にオフセット信号の出力も増加するという問題があった。さらに、オフセット信号とコリオリ力による振動とに相関性があり、位相との対応関係がみられることも観測されており、この場合には、オフセット信号の出力の増加により正確な回転角速度を求めることができないという問題があった。

【0007】 一方、非常に精密な振動子を製造すればオフセット信号の問題はある程度解決するが、この製造には、微細な切削や質量付加などの製造工程が必要となり、製造に多くの労力と時間を要するという問題があった。

【0008】 本発明の角速度センサは、こうした問題を解決し、容易に製造でき、オフセット信号の影響をなくすことを目的とし、次の構成を採った。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明の第 1 の角速度センサは、振動子に作用するコリオリ力に基づいて回転角速度を求める角速度センサであって、前記振動子に所定方向の定常振動を生じさせる励振手段と、該定常振動と交差する方向に生じる前記振動子の振動状態を検出する検出手段と、前記振動子が前記定常振動の状態にあるとき、前記検出手段により検出された振動状態のうち回転角速度によらない振動状態を記憶する記憶手段と、該記憶された振動状態に基づいて、該振動状態を打ち消す振動を該振動子に与える振動調整手段とを備えたことを要旨とする。

【0010】 本発明の第 2 の角速度センサは、振動子に作用するコリオリ力に基づいて回転角速度を求める角速度センサであって、前記振動子に所定方向の定常振動を生じさせる励振手段と、該定常振動と交差する方向に生じる前記振動子の振動状態を検出する検出手段と、前記振動子が前記定常振動の状態にあるとき、前記検出手段

により検出された振動状態のうち回転角速度によらない振動状態を記憶する記憶手段と、前記検出手段により検出された振動状態から前記記憶手段により記憶された振動状態を減じる振動減算手段とを備えたことを要旨とする。

【0011】

【作用】以上のように構成された本発明の第1の角速度センサは、励振手段が、振動子に所定方向の定常振動を生じさせ、検出手段が、この定常振動と交差する方向に生じる振動子の振動状態を検出する。記憶手段は、振動子が定常振動の状態にあるとき、検出手段により検出された振動状態のうち回転角速度によらない振動状態を記憶する。振動調整手段は、この記憶された振動状態に基づいて、この振動状態を打ち消す振動を振動子に与える。この結果、角速度センサに回転角速度が作用していないときには、検出手段は何も検出せず、回転角速度が作用したときには、検出手段は回転角速度に基づく振動状態を検出することとなり、検出精度を向上させる。

【0012】本発明の第2の角速度センサは、励振手段が、振動子に所定方向の定常振動を生じさせ、検出手段が、この定常振動と交差する方向に生じる振動子の振動状態を検出する。記憶手段は、振動子が定常振動の状態にあるとき、検出手段により検出された振動状態のうち回転角速度によらない振動状態を記憶する。振動減算手段は、検出手段により検出された振動状態から記憶手段により記憶された振動状態を減じる。この結果、検出手段が回転角速度に起因しない振動状態を検出しても、角速度センサは、この振動状態を出力しない。

【0013】

【実施例】以上説明した本発明の構成・作用を一層明らかにするために、以下本発明の好適な実施例について説明する。図1は、本発明の一実施例である角速度センサの構成を示したブロック図である。

【0014】図示するように、角速度センサは、振動子であるセンサ素子10と、センサ素子10に所定の定常振動を与える励振回路30と、センサ素子10の図1中y軸に沿った方向の振動状態を反映した電気信号に所定の処理をする信号処理回路40と、オフセット信号の波形を記憶するオフセット波形記憶回路50と、入力した電気信号の電圧を反転する出力電圧反転回路52と、入力した電気信号の電圧レベルを所定のレベルにして出力するゲイン調整回路54と、入力された電気信号（交流電圧）の位相を揃えて整流し、その実効値を電気信号とし増幅して出力する出力回路60とにより構成される。

【0015】センサ素子10は、図2の外観斜視図に示されるように音叉形をしており、2つの振動部12、14と、2つの振動部12、14を支持する支持部16と、角速度センサ内の所定の位置に固定される固定部18とから構成されている。なお、図1のセンサ素子10は、図2に示されるセンサ素子10をz軸に沿って上か

ら見た図である。

【0016】図1および図2に示すように、振動部12、14の図2中y-z平面と平行な側面のうち外側の面には、圧電素子である励振用圧電素子22、23が接着・固定されており、励振用圧電素子22、23は、導電ラインにより励振回路30に接続されている。また、振動部12、14の図2中x-z平面と平行な側面の一方の面には、圧電素子である検出用圧電素子24、25が接着・固定されており、他方の面には、圧電素子である振動調整用圧電素子26、27が接着・固定されている。検出用圧電素子24、25は、導電ラインで信号処理回路40に接続されており、振動調整用圧電素子26、27は、導電ラインでゲイン調整回路54に接続されている。

【0017】励振回路30は、振動部12、14の共振周波数の交流電圧を励振用圧電素子22、23に同じ位相で印加することにより振動部12、14に図1中x軸に沿った方向の一定振幅の定常振動を生じさせる。

【0018】信号処理回路40は、予め設定された時、例えば角速度センサの電源ON直後の10秒間に、検出用圧電素子24、25により生じた振動部12、14の図1中y軸に沿った方向の振動状態の電気信号から励振回路30の交流電圧の一周期に対応する複数の電気信号を取り出し、これらの電気信号を平均し、この平均した電気信号をオフセット信号としてオフセット波形記憶回路50に出力する。

【0019】信号処理回路40は、この設定された時以外の時、上述の例では電源ON直後の10秒以降は、検出用圧電素子の圧電効果により検出される電気信号を出力回路60に出力すると共に、オフセット波形記憶回路50が出力電圧反転回路52およびゲイン調整回路54を介して振動調整用圧電素子26、27に電圧を印加するタイミングを示すパルス信号を出力する。信号処理回路40がパルス信号を出力するタイミングは、オフセット信号が励振回路30の交流電圧に同期するタイミングである。

【0020】オフセット波形記憶回路50は、信号処理回路40から出力されたオフセット信号の波形（電圧波形）を記憶し、信号処理回路40からのパルス信号を入力する毎に記憶したオフセット信号を出力電圧反転回路52に出力する。

【0021】出力電圧反転回路52は、オフセット波形記憶回路50から出力されたオフセット信号の電圧を反転し、ゲイン調整回路54に出力する。

【0022】ゲイン調整回路54は、電圧が反転されたオフセット信号の電圧レベルを所定の電圧レベルに増幅して振動調整用圧電素子26、27に出力する。ゲイン調整回路54により増幅される電圧レベルは、増幅された電圧レベルの電気信号を振動調整用圧電素子26、27に印加すると、検出用圧電素子24、25により増幅

前の電圧レベルの電気信号が検出される電圧レベルである。

【0023】出力回路60は、信号処理回路40から出力される電気信号（交流電圧）の位相の調整およびセンサ素子10に横加速度が作用した際の振動部12、14のたわみにより検出される成分を相殺して打ち消す検出バランス調整回路と、検出バランス調整回路により調整された電気信号の出力レベルを増幅する増幅回路と、交流電圧である電気信号の負の部分を反転して正電圧とし、整流作用をはたす同期AM検波回路と、正電圧化された電気信号を整流電圧の電気信号とする積分回路と、整流電圧の電気信号の出力レベルを増幅する増幅出力回路とから構成され、入力された電気信号（交流電圧）の実効値に応じた電気信号を出力する。

【0024】こうして構成された角速度センサは次のように動作する。まず、角速度センサに電源ONされると、励振回路30から励振用圧電素子22、23に振動部12、14の共振周波数の交流電圧が印加され、振動部12、14にx軸に沿った方向に一定振幅の定常振動が生じる。振動部12、14に定常振動が生じると、信号処理回路40は、所定時間、検出用圧電素子24、25により検出した振動部12、14のy軸に沿った方向の振動状態を反映した電気信号の周期性を励振回路30の交流電圧の半周期の正数倍で判断し、その一周期の電気信号をオフセット信号としてオフセット波形記憶回路50に出力する。

【0025】ここで、所定時間とは、例えばこの角速度センサが車両に搭載された場合には、イグニッションキーON後10秒の時間やイグニッションキーON後発進までの時間などのように予め設定した時間である。この所定時間は、角速度センサに回転角速度が作用していない状態での時間であるが、回転角速度が作用した状態であってもそれが予め知られた定常的な角速度であれば差し支えない。この場合、オフセット信号は、検出用圧電素子24、25により検出される電気信号から一定の回転角速度に基づく振動状態を正確に反映した電気信号を減じたものとなる。

【0026】信号処理回路40から出力されたオフセット信号は、オフセット波形記憶回路50に記憶され、所定時間経過後に、信号処理回路40からのパルス信号を入力する毎にオフセット波形記憶回路50から出力電圧反転回路52に出力される。オフセット波形記憶回路50から出力されたオフセット信号は、出力電圧反転回路52で電気信号の電圧が反転され、ゲイン調整回路54で所定の電圧レベルに調整されて振動調整用圧電素子26、27に印加される。

【0027】ゲイン調整回路54から振動調整用圧電素子26、27にオフセット信号を反転した電気信号に基づいた電圧が印加されることにより、振動部12、14のy軸に沿った方向の振動（オフセット信号）は打ち消

される。したがって、振動部12、14の振動は、図3（a）の破線矢印で示した振動のようにx軸に沿った方向の振動とy軸に沿った方向の振動とを合成した振動であったものが、図3（b）の破線矢印に示す振動のようにx軸に沿った方向のみの定常振動となる。

【0028】このx軸に沿った方向のみの定常振動の状態で、角速度センサに回転角速度 ω が作用すると、振動部12、14にコリオリ力 F （ $F=2mV \cdot \omega$ ）が作用し、振動部12、14は、y軸に沿った方向にも振動して、全体として楕円運動をする。このy軸に沿った方向の振動成分は、検出用圧電素子24、25の圧電効果により電気信号として信号処理回路40に出力され、この電気信号は、出力回路60を介することで回転角速度 ω の大きさに応じた整流電圧の電気信号として出力される。この整流電圧の電気信号には、オフセット信号は含まれず、回転角速度 ω に起因する振動部12、14の振動状態を反映した電気信号のみとなる。

【0029】以上の角速度センサの動作により出力される信号について図4を用いて説明する。図4は、オフセット信号が振幅Bの交流電圧で表されるときに検出用圧電素子24、25により生じる電気信号の電圧波形を例示した説明図である。図中上段の波形は、オフセット信号の電圧波形を表わす。中段の波形は、ゲイン調整回路54からオフセット信号の反転信号に基づく電圧を振動調整用圧電素子26、27に印加しない場合に検出用圧電素子24、25により生じる電気信号の電圧波形を表わす。また、下段の波形は、ゲイン調整回路54からオフセット信号の反転信号に基づく電圧を振動調整用圧電素子26、27に印加した場合（オフセット処理）に検出用圧電素子24、25により生じる電気信号の電圧波形を表わす。

【0030】図示するように、回転角速度 ω が作用していないときには、このオフセット処理を施さない状態での検出用圧電素子24、25は、図4中段に示すように、オフセット信号と同じ電圧波形を示す電気信号を生じる。一方、オフセット処理を施した状態での検出用圧電素子24、25は、オフセット信号に基づいた電圧をゲイン調整回路54から振動調整用圧電素子26、27に印加することによりオフセット信号が打ち消されるので、何も電気信号を生じない。したがって、オフセット処理を施さない状態での検出用圧電素子24、25は、回転角速度が作用していないにもかかわらず電気信号を生じ、本実施例のように、オフセット処理を施した状態での検出用圧電素子24、25は、回転角速度が作用していないときには何も電気信号を生じない。

【0031】同じ大きさで回転方向の異なる回転角速度 $\omega=\phi$ （右回り）、 $\omega=-\phi$ （左回り）が作用したときには、オフセット処理を施さない状態での検出用圧電素子24、25は、右回りの回転角速度 $\omega=\phi$ に対しては振幅A1の電圧波形を示す電気信号を生じ、左回りの回

回転速度 $\omega = -\phi$ に対しては振幅A2の電圧波形を示す電気信号を生じる。一方、オフセット処理を施した本実施例では、いずれの回転角速度に対しても検出用圧電素子24、25は振幅Aの電圧波形を示す電気信号を生じる。ここで、振幅A1と振幅A2は、いずれもオフセット信号の振幅Bだけ真の振幅Aからずれている。この結果、オフセット処理を施さない状態で検出する角速度センサでは、正しく回転角速度を出力することができない。一方、本実施例のように、オフセット処理を施した状態で検出する角速度センサでは、回転角速度を高精度に検出することができる。

【0032】以上説明した角速度センサでは、振動部12、14に回転角速度が作用していないときに検出用圧電素子24、25から検出される電気信号から励振回路30の交流電圧の一周期に対応するオフセット信号を求め、このオフセット信号に基づいた電圧を振動調整用圧電素子26、27に印加するので、励振回路30の交流電圧に同期するオフセット信号を取り除くことができる。したがって、センサ素子10に製造誤差が生じても検出用圧電素子24、25により検出する電気信号を回転角速度に起因する振動部12、14の振動状態を反映した電気信号のみにすることができ、回転角速度を高精度に検出することができる。

【0033】また、角速度センサに電源ONされる毎にオフセット信号を検出して記憶するので、オフセット信号が経時変化等により変化しても、これに対応することができ、常に正確な回転角速度を検出することができる。

【0034】実施例では、励振回路30から励振用圧電素子22、23に振動部12、14の共振周波数の交流電圧を印加する構成としたが、励振回路30から励振用圧電素子22にのみ交流電圧を印加し、交流電圧の周波数を、振動部12の振動が伝播することによる振動部14の振動を反映した励振用圧電素子23の圧電効果により検出された電気信号に基づいて、振動部12と14が最も共振する周波数とする構成も好適である。この構成とするには、励振用圧電素子23の圧電効果により検出した電気信号の位相を揃える検出バランス調整回路と、入力した電気信号のレベルにかかわらず一定の出力レベルとするオートマチックゲインコントローラ（AGC）と、励振用振動子の共振周波数を中心とした所定幅の周波数の電気信号を選別するバンドパスフィルタとを、励振用圧電素子23と励振回路30との間に介在させる必要がある。この構成とすれば、振動部12と14とが最も共振する周波数で振動させることができる。

【0035】実施例では、回転角速度が作用していないときに、検出用圧電素子24、25により生じた電気信号から励振回路30の交流電圧の一周期に対応する複数の電気信号を取り出して平均し、この平均した電気信号をオフセット信号としたが、複数の電気信号のうち任意

の一つの電気信号をオフセット信号とする構成も差し支えない。

【0036】また、実施例では、角速度センサに電源ONされる毎にオフセット信号を検出して記憶する構成としたが、工場出荷時に予めオフセット信号を検出して記憶する構成も好適である。この構成とすれば、電源ON後にオフセット信号を検出するための所定時間を設定する必要がなく、オフセット信号の周期性を判断する回路も不要となる。

【0037】実施例では、オフセット信号の電圧波形をそのまま記憶したが、オフセット信号を励振回路30の交流電圧と同じ周期の交流波形とみなし、その振幅を記憶する構成も好適である。また、実施例では、角速度センサに電源ON後の所定時間に検出用圧電素子24、25により検出される電気信号をオフセット信号としてオフセット波形記憶回路50で記憶したが、オフセット信号の電圧を出力電圧反転回路52により反転し、ゲイン調整回路54により電圧レベルを調整した後の電気信号を記憶する構成も好適である。さらに、実施例では、オフセット波形記憶回路50に信号処理回路40から所定のタイミングでパルス信号を入力する構成としたが、オフセット波形記憶回路50に励振回路30から励振用圧電素子22、23に印加する交流電圧を入力する構成も好適である。オフセット信号は、上述したように、励振回路30の交流電圧に同期するからである。

【0038】実施例では、検出用圧電素子24、25により生じた電気信号（交流電圧）に基づいて回転角速度を検出したが、センサ素子10の振動調整用圧電素子26、27と同じ面に検出用圧電素子を設け、この検出用圧電素子により生じた電気信号の位相を反転し、検出用圧電素子24、25により生じた電気信号に加え、この加えられた電気信号に基づいて回転角速度を検出する構成も好適である。この構成とすれば、励振回路30の交流電圧の周期に同期するオフセット信号が除かれる上、さらに、周波数成分の高いノイズを除去し、S/N比を向上させてその影響を減じることができる。

【0039】さらに、以上説明した構成の組み合わせも好適である。例えば、工場出荷時に予めオフセット信号を検出してオフセット波形記憶回路50に記憶させておき、オフセット波形記憶回路50が励振回路30の交流電圧に基づいて出力する構成などである。

【0040】次に、本発明の第2の実施例である角速度センサについて説明する。図5は、第2実施例の角速度センサの構成を例示したブロック図である。第2実施例の角速度センサは、図示するように、センサ素子110と、励振回路130と、信号処理回路140と、オフセット波形記憶回路150と、出力回路160とから構成されている。ここで、励振回路130と出力回路160は、第1実施例の励振回路30と出力回路60と同一なので、その説明は省略し、以下に他の回路等について説

明する。

【0041】センサ素子110は、第1実施例の角速度センサのセンサ素子10と同一形状をしている。センサ素子110の各部の符号は、第1実施例のセンサ素子10の符号に値100を加えたものとして表わした。センサ素子110の振動部112、114には、センサ素子10の振動部12、14に接着・固定した励振用圧電素子22、23および検出用圧電素子24、25と同様な励振用圧電素子122、123および検出用圧電素子124、125が接着・固定されており、それぞれ導電ラインにより励振回路130および信号処理回路140に接続されている。

【0042】信号処理回路140は、予め設定された時に、検出用圧電素子124、125の圧電効果により検出した振動部112、114の図5中y軸に沿った方向の振動状態を反映した電気信号の周期性を励振回路130の交流電圧の半周期の正数倍で判断し、その一周期の電気信号をオフセット信号としてオフセット波形記憶回路150に出力する。信号処理回路140は、前記の設定された時以外の時は、オフセット波形記憶回路150が記憶したオフセット信号を信号処理回路140に出力するタイミングを示すパルス信号を出力する。信号処理回路140がパルス信号を出力するタイミングは、オフセット信号の周期を判断したときの励振回路130の交流電圧の半周期の正数倍に同期するタイミングである。

【0043】また、信号処理回路140は、前記の設定された時以外の時は、検出用圧電素子の圧電効果により検出される電気信号から、オフセット波形記憶回路150から出力されるオフセット信号を減じて出力回路160に出力する。

【0044】オフセット波形記憶回路150は、信号処理回路140から出力されたオフセット信号の波形（電圧波形）を記憶し、信号処理回路140からのパルス信号を入力する毎に記憶したオフセット信号を信号処理回路140に出力する。

【0045】こうして構成された第2実施例の角速度センサは次のように動作する。まず、角速度センサに電源ONされると、励振回路130から励振用圧電素子122、123に振動部112、114の共振周波数の交流電圧が印加され、振動部112、114にx軸に沿った方向に一定振幅の定常振動を生じさせる。振動部112、114に定常振動が生じると、信号処理回路140は、所定時間、検出用圧電素子124、125により検出した振動部112、114のy軸に沿った方向の振動状態を反映した電気信号の周期性を励振回路130の交流電圧の半周期の正数倍で判断し、その一周期の電気信号をオフセット信号としてオフセット波形記憶回路150に出力する。

【0046】信号処理回路140から出力されたオフセット信号は、オフセット波形記憶回路150に記憶さ

れ、所定時間経過後に、信号処理回路140からのパルス信号を入力する毎にオフセット波形記憶回路150から信号処理回路140に出力される。

【0047】一方、信号処理回路140では、所定時間経過後は、検出用圧電素子124、125により検出された電気信号からオフセット波形記憶回路150から出力されたオフセット信号を減じて出力回路160に出力する。したがって、回転角速度が作用していないときには、検出用圧電素子124、125により検出された電気信号はオフセット信号により打ち消され、出力回路160には何も出力されない。

【0048】この状態で、角速度センサに回転角速度 ω が作用すると、振動部112、114にはコリオリ力 F （ $F = 2mV \cdot \omega$ ）に基づいた振動が生じ、検出用圧電素子124、125により回転角速度 ω に起因した振動状態を反映した信号とオフセット信号との合成した電気信号が検出される。この電気信号は、信号処理回路140でオフセット信号が減じられて回転角速度 ω に起因した電気信号のみとされ、出力回路160により整流電圧の電気信号として出力される。

【0049】以上説明した第2実施例の角速度センサでは、振動部112、114に回転角速度が作用していないときに検出用圧電素子124、125から検出される電気信号の周期性を判断し、その一周期の電気信号をオフセット信号として記憶し、このオフセット信号を検出用圧電素子124、125により検出される電気信号から減じるので、出力回路160に出力される電気信号からオフセット信号を取り除くことができる。したがって、センサ素子110に製造誤差を生じても検出用圧電素子124、125により検出した電気信号から回転角速度に起因する振動部112、114の振動状態を反映した電気信号のみにすることができ、回転角速度を高精度に検出することができる。

【0050】また、角速度センサに電源ONされる毎にオフセット信号を検出して記憶するので、オフセット信号が経時変化等により変化しても、これに対応することができ、常に正確な回転角速度を検出することができる。

【0051】次に、本発明の第3の実施例の角速度センサについて説明する。図6は本発明の第3実施例である角速度センサの構成を例示するブロック図、図7はこの角速度センサに用いられるセンサ素子210を例示する外観斜視図である。第3実施例の角速度センサは、図6に示するように、センサ素子210と、センサ素子210に所定の定常振動を与える励振回路250と、センサ素子210の励振回路250に基づく定常振動におけるオフセットを打ち消す振動をセンサ素子210に与えるオフセット調整回路252と、出力回路260とから構成されている。ここで、第3実施例の出力回路260は第1実施例の出力回路60と同一なので、その説明は省

略する。

【0052】センサ素子210は、図7に示すように、2つの音叉形センサ素子を同一平面でその固定部を結合した形状をしており、一对の励振用振動部212、214と、一对の検出用振動部222、224と、各対の振動部を支持する支持部216、226と、角速度センサ内の所定の位置に固定される固定部228とからなる。センサ素子210は、単結晶である水晶の板材（結晶板）のZカット面をエッチングして形成されている。励振用振動部212、214等を形成するに当たり、板厚 t の水晶板を W の幅でエッチングすると、その結晶配列に起因して励振用振動部212、214等のエッチング面が傾斜する。本実施例の場合、この傾斜によって増加する幅 $W0$ を考慮し、水晶板上面の幅 W と水晶板の板厚 t との比の値 W/t が0.5~1.3の範囲になるように、予め水晶板上面の幅 W を設定し、各振動部等を形成している。

【0053】本実施例では、水晶板としては、〈0001〉方向から〈-1010〉方向に0度~5度の範囲で傾いた面で水晶単結晶より切り出した水晶基板を用いた。今回は、特に2度傾いた面で水晶単結晶より切り出した水晶基板を用い、各振動部の長手方向を〈-1010〉方向とした。これにより図7に示したセンサ素子210における一对の励振用振動部212、214の x 軸に沿った方向の励振、一对の検出用振動部222、224の y 軸に沿った方向の振動検出が可能となり、各対の振動部の室温付近での振動数が安定する。

【0054】水晶は、それ自体が圧電効果を発揮する材料なので、センサ素子210の一对の励振用振動部212、214に電極を配置し、一对の励振用振動部212、214の共振周波数の交流電圧を印加すれば、一对の励振用振動部212、214は電極の配置により定まる方向に振動する。本実施例のセンサ素子210の各振動部には、図7とその8-8線断面図である図8および9-9線断面図である図9に示すように電極が設けられている。すなわち、励振用振動部212には、この励振用振動部212を x 軸に沿って励振するために、その上下面（ y 軸と直交する $x-z$ 平面と平行な面）にプラス電極232、その両側面（ x 軸と直交する $y-z$ 平面と平行な面）にマイナス電極234が設けられている。この両側面のマイナス電極234は、図7に示すように、励振用振動部212の先端で導通されている。励振用振動部214には、この励振用振動部214を y 軸に沿って励振するために、その上下面に、それぞれプラス電極236とマイナス電極238とが並べて設けられている。また、一对の検出用振動部222、224には、この一对の検出用振動部222、224が y 軸に沿って振動した場合にその振動状態を検出するために、その上下面に、それぞれプラス電極242、246とマイナス電極244、248とが並べて配設されている。

【0055】固定部228には、上記した各電極に到る配線232A、234A、236A、238A、242A、244A、246A、248Aが、センサ素子210の上下面にそれぞれ設けられている。なお、これら電極および配線は、センサ素子210の表面への導電性の薄膜形成、フォトリソ処理等の周知の半導体製造技術により形成される。

【0056】センサ素子210の励振用振動部212に配線232A、234Aからプラス電極232、マイナス電極234を介して一对の励振用振動部212、214の共振周波数の交流電圧を印加すれば、一对の励振用振動部212、214を x 軸に沿った方向に一定振幅の定常振動を与えることができる。また、励振用振動部214に配線236A、238Aからプラス電極236、マイナス電極238を介して一对の励振用振動部212、214の共振周波数の交流電圧を印加すれば、一对の励振用振動部212、214を y 軸に沿った方向に一定振幅の定常振動を与えることができる。この一对の励振用振動部212、214の x 軸または y 軸に沿った方向の振動は、それぞれ支持部216、固定部228および支持部226を介して一对の検出用振動部222、224に伝播し、一对の検出用振動部222、224を x 軸または y 軸に沿った方向に振動させる。一对の検出用振動部222、224が y 軸に沿った方向に振動すると、一对の検出用振動部222、224の圧電効果により、プラス電極242、246とマイナス電極244、248とに振動状態を反映した電気信号が生じるので、この電気信号を配線242A、244Aおよび配線246A、248Aから検出することができる。

【0057】本実施例では、センサ素子210の配線232A、234Aは励振回路250に接続されており、配線236A、238Aはオフセット調整回路252に接続されている。また、配線242A、244Aおよび246A、248Aは、出力回路260に接続されている。

【0058】励振回路250は、配線232A、234Aからプラス電極232およびマイナス電極234を介して励振用振動部212に、一对の励振用振動部212、214の共振周波数の交流電圧を印加する。この結果、一对の励振用振動部212、214は、図7中 x 軸に沿った方向に一定振幅の定常振動で振動する。また、励振回路250は、励振用振動部212に印加する交流電圧と同期したパルス信号をオフセット調整回路252に出力する。

【0059】オフセット調整回路252は、所定の電気信号（電圧波形）を予め記憶しており、励振回路250からのパルス信号を入力すると、このパルス信号と同期して所定の電気信号（電圧波形）を、配線236A、238Aからプラス電極236およびマイナス電極238を介して励振用振動部214に出力する。ここで、所定

の電気信号は、センサ素子210に回転角速度が作用していないときに、一对の検出用振動部222、224から検出されるオフセット信号を除去あるいは低減するために、励振用振動部214に出力される電圧波形であり、工場出荷時に設定される。

【0060】センサ素子210の一对の励振用振動部212、214および一对の検出用振動部222、224が非常に精密に形成されていれば、励振回路250から励振用振動部212に交流電圧を印加すると、一对の励振用振動部212、214および一对の検出用振動部222、224は、共にx軸に沿った方向にのみ振動し、y軸に沿った方向には振動しない。しかし、センサ素子210を水晶で形成する場合、上述したように、エッチング面が傾斜するので、励振用振動部212、214および検出用振動部222、224を精密に形成することは困難である。このため、励振回路250から励振用振動部212への交流電圧の印加により、一对の励振用振動部212、214または一对の検出用振動部222、224がy軸に沿った方向に振動する場合がある。この場合、センサ素子210に回転角速度が作用していなくても、一对の検出用振動部222、224のy軸に沿った方向の振動が電気信号（オフセット信号）としてプラス電極242、246およびマイナス電極244、248から出力されることになる。このオフセット信号に対して打ち消す側の振動（y軸に沿った方向の振動）を一对の検出用振動部222、224に与えれば、オフセット信号の除去あるいは低減が可能である。また、励振用振動部214に交流電圧を印加すれば、一对の励振用振動部212、214がy軸に沿った方向に振動し、この振動が伝播して一对の検出用振動部222、224もy軸に沿った方向に振動する。したがって、励振用振動部214に出力する電気信号（電圧波形）を調整すれば、一对の検出用振動部222、224にオフセット信号を打ち消す側の振動を生じさせることができる。

【0061】実施例では、所定の電気信号（電圧波形）は、次のように調整されて設定されている。まず、励振回路250から励振用振動部212にプラス電極232およびマイナス電極234を介して一对の励振用振動部212、214の共振周波数の交流電圧を印加し、一对の励振用振動部212、214および一对の検出用振動部222、224に定常振動を与える。一对の検出用振動部222、224が定常振動となったら、一对の検出用振動部222、224のy軸に沿った方向の振動に基づいてプラス電極242、246およびマイナス電極244、248から出力される電気信号から、励振回路250の交流電圧の一周期に対応する複数の電気信号（電圧波形）を取り出し、これらの電気信号を平均する。そして、平均された電気信号（電圧波形）の電圧を反転し、所定の電圧レベルに調整し、オフセット調整回路252に記憶させる。ここで、電気信号（電圧波形）の電

圧を反転するのは、この電気信号を打ち消す側に作用するようにするためである。また、所定の電圧レベルとは、反転した電気信号を励振用振動部214に出力したときに、一对の検出用振動部222、224から検出されていた電気信号を打ち消すことが可能な程度あるいはそれより若干小さい程度の電圧レベルである。

【0062】次に、励振回路250から励振用振動部212に交流電圧を印加すると共に、この交流電圧に同期してオフセット調整回路252から励振用振動部214にプラス電極236およびマイナス電極238を介して記憶した電気信号を出力し、一对の励振用振動部212、214および一对の検出用振動部222、224に定常振動を与える。一对の検出用振動部222、224が定常振動となったら、再び、一对の検出用振動部222、224から検出される電気信号から励振回路250の交流電圧の一周期に対応する複数の電気信号を取り出して平均し、平均した電気信号の電圧を反転し、所定の電圧レベルに調整する。そして、調整された電気信号とオフセット調整回路252に記憶された電気信号とを加算（電圧波形の合成）し、加算した電気信号でオフセット調整回路252に記憶される電気信号を更新する。

【0063】こうしたオフセット調整回路252に記憶される電気信号の更新動作を、一对の検出用振動部222、224から検出される電気信号が計測誤差として許容される範囲内となるまで繰り返す。検出される電気信号が計測誤差として許容される範囲内となったときにオフセット調整回路252に記憶されている電気信号を所定の電気信号として設定する。

【0064】励振回路250から励振用振動部212に一对の励振用振動部212、214の共振周波数の交流電圧を、オフセット調整回路252から励振用振動部214に励振回路250からの交流電圧に同期した所定の電気信号を印加すれば、一对の検出用振動部222、224は、x軸に沿った方向に一定振幅で振動し、y軸に沿った方向には振動しない。この状態でセンサ素子210に図7中z軸回りの回転角速度 ω が作用すると、一对の検出用振動部222、224にコリオリ力 F （ $F=2mV \cdot \omega$ ）が作用し、一对の検出用振動部222、224は、y軸に沿った方向にも振動し、出力回路260から回転角速度 ω の大きさに応じた整流電圧の電気信号が出力される。この整流電圧の電気信号には、オフセット信号は含まれず、回転角速度 ω に起因する検出用振動部222、224のy軸に沿った方向の振動状態を反映した電気信号のみとなる。

【0065】以上説明した第3実施例の角速度センサでは、センサ素子210の製造誤差等に基づくオフセット信号を打ち消すことができる一对の検出用振動部222、214の振動を、励振用振動部214に出力する電気信号（電圧波形）として記憶しておき、この電気信号を励振回路250の交流電圧に同期して励振用振動部2

14に出力することによりオフセット信号を取り除くことができる。したがって、センサ素子210に製造誤差が生じて出力回路260から出力される電気信号を回転角速度に起因する一対の検出用振動部222、224の振動状態を反映した電気信号のみにすることができ、回転角速度を高精度に検出することができる。

【0066】第3実施例では、圧電効果を有する水晶でセンサ素子210を形成したので、センサ素子210に励振を与えるのに電極を設けて交流電圧を印加するだけでよく、圧電素子を接着・固定する必要がない。また、センサ素子210に設けられるプラス電極232や配線232A等の電極および配線を、センサ素子210の表面への導電性の薄膜形成、フォトリソ処理等の半導体製造技術により形成したので、電極および配線による各振動部への干渉を考慮する必要がない。また、配線を太く形成して高い電圧の印加を図ることができ、各振動部をより大きな振幅で振動させて検出感度を向上させることができる。

【0067】第3実施例では、励振用振動部214に印加される所定の電気信号（電圧波形）を工場出荷時に予め設定したが、角速度センサに電源ONされる毎に所定の電気信号を求めて設定する構成も好適である。この構成とすれば、オフセット信号が経時変化しても正確な回転角速度を検出することができる。角速度センサに電源ONされる毎に所定の電気信号を求めて設定する構成とする場合、前回の電源ON時に設定された電気信号をオフセット調整回路252で記憶しておき、この電気信号を更新する動作とするのが好ましい。この構成とすれば、オフセット信号の経時変化は小さい場合が多く、短時間で所定の電気信号の設定が可能となるからである。もとより、前回の電源ON時に設定された電気信号を用いず、実施例で説明した設定手順を毎回行なう構成でも差し支えない。

【0068】以上本発明の実施例について説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる態様で実施し得ることは勿論である。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように本発明の第1の角速度センサでは、回転角速度によらない振動状態に基づいてこの振動状態を打ち消す振動を振動子に与えるので、検出手段は、回転角速度に起因した振動状態のみを検出することができる。したがって、高精度に回転角速度を検出することができる。

【0070】本発明の第2の角速度センサでは、検出された振動状態から回転角速度によらない振動状態を減じるので、回転角速度に起因した振動状態のみを出力することができる。したがって、高精度に回転角速度を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である角速度センサの構成を例示するブロック図である。

【図2】角速度センサのセンサ素子10を例示する外観斜視図である。

【図3】センサ素子10の振動状態を例示する説明図である。

【図4】検出用圧電素子24、25により生じる電気信号の電圧波形を例示した説明図である。

【図5】本発明の第2の実施例である角速度センサの構成を例示するブロック図である。

【図6】本発明の第3の実施例である角速度センサの構成を例示するブロック図である。

【図7】第3実施例の角速度センサに用いられるセンサ素子210を例示する外観斜視図である。

【図8】図7中のセンサ素子210の8-8線断面図である。

【図9】図7中のセンサ素子210の9-9線断面図である。

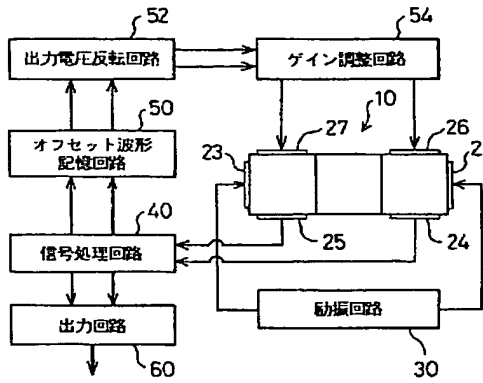
【符号の説明】

10…センサ素子
12、14…振動部
16…支持部
18…固定部
22、23…励振用圧電素子
24、25…検出用圧電素子
26、27…振動調整用圧電素子
30…励振回路
40…信号処理回路
50…オフセット波形記憶回路
52…出力電圧反転回路
54…ゲイン調整回路
60…出力回路
110…センサ素子
112、114…振動部
122、123…励振用圧電素子
124、125…検出用圧電素子
130…励振回路
140…信号処理回路
150…オフセット波形記憶回路
160…出力回路
210…センサ素子
212、214…励振用振動部
216、226…支持部
222、224…検出用振動部
228…固定部
232、236、242、246…プラス電極
234、238、244、248…マイナス電極
232A、234A、236A、238A…配線
242A、244A、246A、248A…配線
250…励振回路

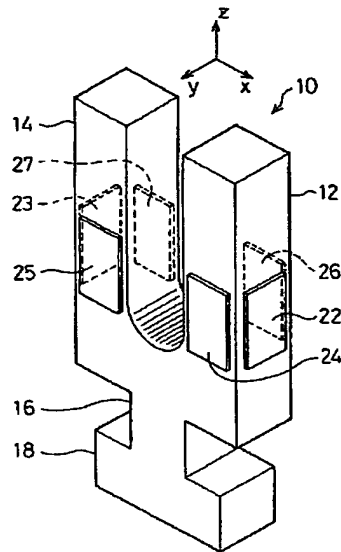
252...オフセット調整回路

260...出力回路

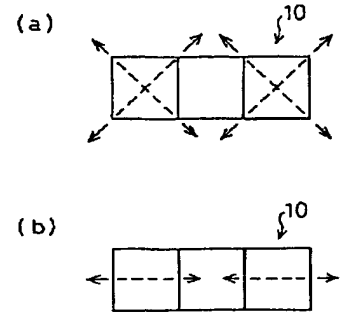
【図1】



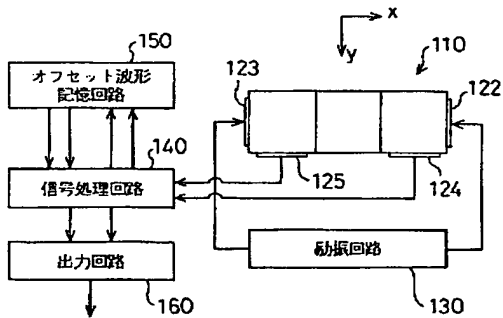
【図2】



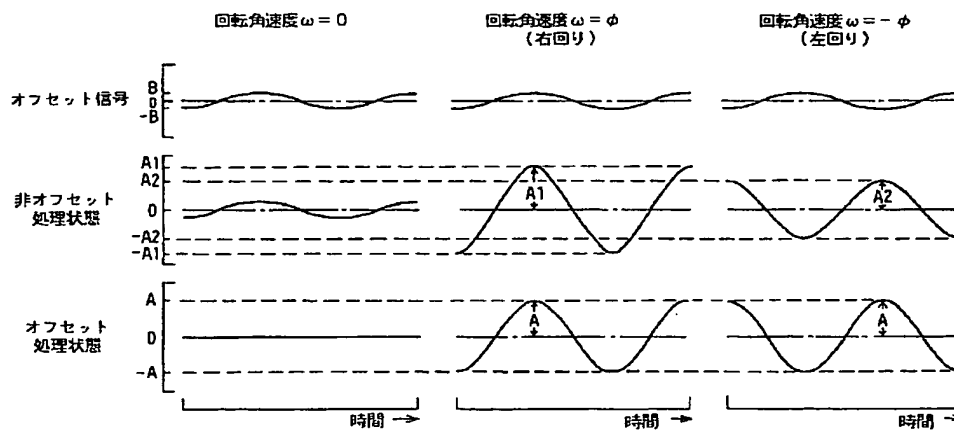
【図3】



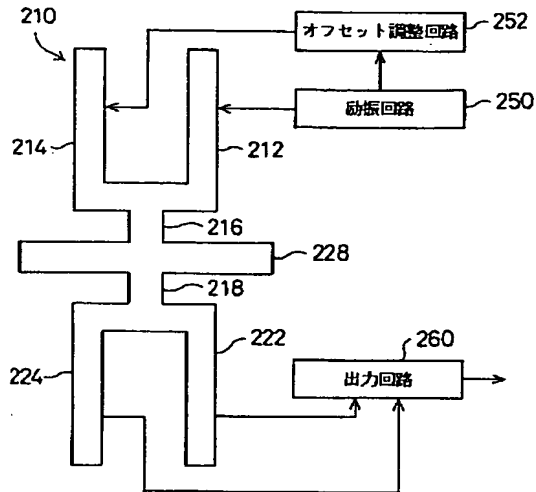
【図5】



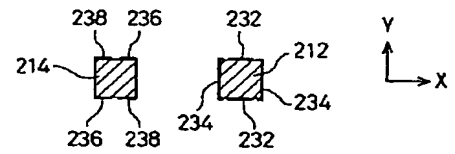
【図4】



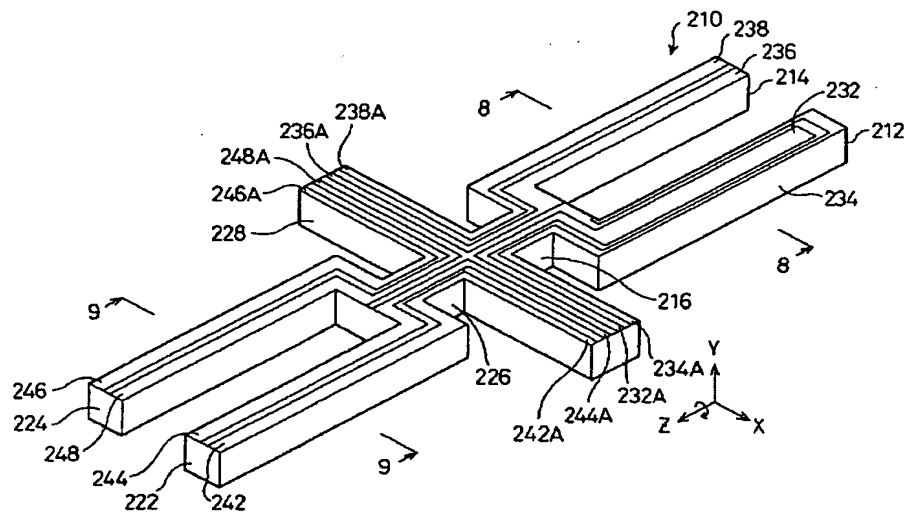
【図 6】



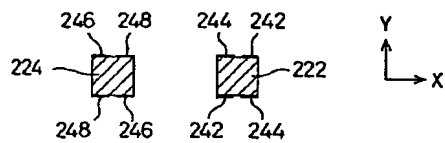
【図 8】



【図 7】



【図 9】



THIS PAGE BLANK (USPTO)